

14.08.00

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 8月25日

REC'D 03 OCT 2000

WIPO

PCT

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第238110号

出 願 人
Applicant (s):

日本板硝子株式会社

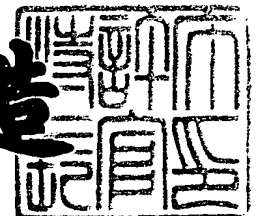
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3073489

【書類名】 特許願

【整理番号】 P99022

【提出日】 平成11年 8月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区道修町 3 丁目 5 番 1 1 号 日本板硝子株式会社内

【氏名】 大野 誠治

【特許出願人】

【識別番号】 000004008

【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086645

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩佐 義幸

【電話番号】 03-3861-9711

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000435

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9113607

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光サイリスタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダブルヘテロ構造を持った $pnpn$ 発光サイリスタにおいて、
少なくとも n ゲート層に近いアノード層の部分の不純物の濃度を、 n ゲート層の不純物の濃度より低くしたことを特徴とする発光サイリスタ。

【請求項 2】

基板が p 型層で、前記基板上に、 p 型層、 n 型層、 p 型層、 n 型層の順序でエピタキシャル膜層が積層されていることを特徴とする請求項 1 記載の発光サイリスタ。

【請求項 3】

基板が n 型層で、前記基板上に、 n 型層、 p 型層、 n 型層、 p 型層の順序でエピタキシャル膜層が積層されていることを特徴とする請求項 1 記載の発光サイリスタ。

【請求項 4】

前記アノード層の不純物は、 Zn であることを特徴とする請求項 1, 2 または 3 記載の発光サイリスタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光サイリスタ、特に $pnpn$ 構造の発光サイリスタに関する。

【0002】

【従来の技術】

ダブルヘテロ構造を持った $pnpn$ 発光サイリスタ、すなわち図 1 に示すように p 型基板 10 を用い、この p 型基板上に、 p 型の第 1 層 12、 p 型の第 2 層 14、 n 型の第 3 層 16、 p 型の第 4 層 18、 n 型の第 5 層 20、 n 型の第 6 層 22 をエピ成長させたサイリスタは、図 2 に示すように、基板側の pnp トランジスタ 30 と基板とは反対側の npn トランジスタ 32 との組み合わせであると考え

えられる。すなわち、アノードが p n p トランジスタ 3 0 のエミッタに、カソードが n p n トランジスタ 3 2 のエミッタに、ゲートが n p n トランジスタ 3 2 のベースにそれぞれ相当する。それぞれのトランジスタ 3 0, 3 2 の電流増幅率の組み合わせによって、サイリスタの保持電流などが決まる。すなわち、保持電流を小さくするには、それぞれのトランジスタの電流増幅率を大きくする必要がある。電流増幅率 α は、エミッタ注入効率 γ , 輸送効率 β , コレクタ接合なだれ増倍率 M , 固有コレクタ効率 α^* の積で与えられる。このうち、エミッタ注入効率 γ を大きくするためには、エミッタの不純物濃度はベースの不純物濃度よりも高く設計される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、p 型不純物である Zn の拡散速度は非常に速く、エピ成膜中にも n 型の層に拡散していき、n 型不純物を補償してしまう。このため、アノード層（第 1 層 1 2 および第 2 層 1 4）の Zn 濃度が n ゲート層（第 3 層 1 6）の不純物 Si の濃度よりも大きいと、界面付近の Si がほとんど補償されてしまい、トランジスタの輸送効率 β を下げてしまう。また、非発光中心を作り、発光効率低下を招くという問題がある。

【0004】

本発明の目的は、このような問題を解決した発光サイリスタを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、ダブルヘテロ構造を持った p n p n 発光サイリスタにおいて、少なくとも n ゲート層に近いアノード層の部分の不純物の濃度を、n ゲート層の不純物の濃度より低くしたことを特徴とする。

【0006】

p n p n 構造の発光サイリスタが、例えば、p 型基板上に、p 型の第 1 層、p 型の第 2 層、n 型の第 3 層、p 型の第 4 層、n 型の第 5 層、n 型の第 6 層がエピ成長されている場合、このような発光サイリスタは、基板側の p n p トランジス

タと基板とは反対側のnpnトランジスタの組み合わせである。

【0007】

本発明によれば、第1層、第2層の不純物濃度を、第3層の不純物濃度以下にすることにより、第3層への不純物拡散を制限する。なお、pnpトランジスタのエミッターベース接合はヘテロ接合となっているため、エミッタの不純物濃度がベースの不純物濃度よりも低くなってもエミッタ注入効率 γ はほとんど影響を受けず、ほぼ1を保つことができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

【0009】

【実施例1】

図1のpnpn構造において、第1層12、第2層14の濃度のみを変化させた発光サイリスタを作製した。表1に、基板および各層の組成、膜厚、不純物、不純物濃度を示す。

【0010】

【表1】

層	組成	膜厚 /nm	不純物	不純物濃度 (単位: $1/\text{cm}^3$)			
				①	②	③	④
第6層 22	GaAs	30	Si	3×10^{18}	←	←	←
第5層 20	$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$	500	Si	3×10^{18}	←	←	←
第4層 18	$\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$	800	Zn	1×10^{17}	←	←	←
第3層 16	$\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$	200	Si	1×10^{18}	←	←	←
第2層 14	$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$	500	Zn	2×10^{17}	2×10^{18}	5×10^{17}	1×10^{18}
第1層 12	GaAs	500	Zn	2×10^{17}	2×10^{18}	5×10^{17}	1×10^{18}
基板 10	GaAs		Zn				

【0011】

基板10は、GaAsよりなり、不純物はZnである。

【0012】

第1層12は、厚さ500nmのGaAsよりなり、不純物はZnである。

【0013】

第2層14は、厚さ500nmの $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ よりなり、不純物はZnである。

【0014】

第3層16は、厚さ200nmの $\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$ よりなり、不純物はSiである。

【0015】

第4層18は、厚さ800nmの $\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$ よりなり、不純物はZnである。

【0016】

第5層20は、厚さ500nmの $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ よりなり、不純物はSiである。

【0017】

第6層22は、厚さ30nmのGaAsよりなり、不純物はSiである。

【0018】

不純物濃度は、表1に示すように、4種類①、②、③、④のものを作製した。
表1の①～④において、第3層～第6層の不純物濃度は同じである。すなわち、
第3層のSiの不純物濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、第4層のZnの不純物濃度は $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、
第5層のSiの不純物濃度は $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、第6層22のSiの不純物濃度は、 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ である。一方、

①では、第1層および第2層のZnの不純物濃度を、 $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした。

②では、第1層および第2層のZnの不純物濃度を、 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ とした。

③では、第1層および第2層のZnの不純物濃度を、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした。

④では、第1層および第2層のZnの不純物濃度を、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ とした。

【0019】

明らかに、②、④の場合には、第 1 層、第 2 層の不純物濃度が、第 3 層の Si の不純物濃度以下にはなっていない。

【0 0 2 0】

以上の①～④の不純物濃度を有する発光サイリスタについて、その電流－光出力特性を調べた。得られた電流－光出力特性を図 3 に示す。第 1、2 層の Zn 濃度が第 3 層の Si 濃度より十分に低い①の発光サイリスタでは、発光量が最も高くなっている。また、③の発光サイリスタでは、発光量が次に高くなっている。ところが、第 1、2 層の Zn 濃度が第 3 層の Si 濃度と同じ、あるいは第 3 層の Si 濃度よりも低い④、②の発光サイリスタでは、発光量が順次低くなっている。このことから、第 1、2 層の Zn 濃度を第 3 層の Si 濃度より低く設定すれば、第 1、第 2 層から第 3 層への不純物拡散が制限される結果、発光効率が低下しないことがわかる。

【0 0 2 1】

【実施例 2】

実施例 1 では、第 1 層 1 2 と第 2 層 1 4 の不純物 (Zn) 濃度を、第 3 層 1 6 の Si 濃度より低くすると効果があることが示されたが、第 1 層および第 2 層の濃度を低下させると、これらの層の抵抗が増大し、サイリスタの性能に影響を与える。これを避けるために、図 4 に示すように、実施例 1 において第 2 層 1 4 を 2 つの層 4 2、4 3 に分割した発光サイリスタを作製した。各層の不純物濃度 (設定濃度) は表 2 に示す通り設定した。分割した第 2 層のうち、第 3 層 1 6 側の層 4 3 の濃度のみ $2 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ と低くし、下層 4 2 は $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ とした。他の層の濃度は実施例 1 同様である。

【0 0 2 2】

成長後の各層の不純物濃度を二次イオン質量分析法によって評価した結果 (実測濃度) 表 2 中に示した。評価結果によると、第 2 層上層 4 3 中央付近の濃度は設定値より高い $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ となっていることがわかった。これは成長中に Zn が下層から拡散したためである。

【0 0 2 3】

この構造の発光サイリスタの電流－光特性は実施例 1 の①とほぼ同様であった

したがって第2層の第3層に近い部分の濃度が低ければ効果があることが示された。

【0024】

【表2】

層	組成	膜厚 /nm	不純物	不純物濃度(単位: $1/\text{cm}^3$)	
				設定濃度	実測濃度
第6層 22	GaAs	30	Si	3×10^{18}	3×10^{18}
第5層 20	$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$	500	Si	3×10^{18}	3×10^{18}
第4層 18	$\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$	800	Zn	1×10^{17}	1×10^{17}
第3層 16	$\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$	200	Si	3×10^{18}	3×10^{18}
第2上層 43	$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$	100	Zn	2×10^{16}	4×10^{17}
第2下層 42	$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$	400	Zn	2×10^{18}	2×10^{18}
第1層 12	GaAs	500	Zn	2×10^{18}	2×10^{18}
基板 10	GaAs				

【0025】

以上の2つの実施例では、p型基板を用いた場合を示しているが、n型基板の場合も、アノード層の不純物濃度をnゲート層の不純物濃度よりも低くすればよい。また、ここでは、拡散の起こりやすいZnについて説明したが、他種の不純物についても同様の効果がある。すなわち、第5, 6層のn型不純物濃度についても適用可能である。

【0026】

【発明の効果】

本発明によれば、ダブルヘテロ構造を持ったpnpn発光サイリスタにおいて、少なくともnゲート層に近いアノード層の部分の不純物の濃度を、nゲート層の不純物の濃度より低くしているので、アノード層の不純物がnゲート層へ拡散するのが制限されるので、発光効率の低下を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

pnpn発光サイリスタの構造の第1の実施例を示す図である。

【図 2】

p n p n 発光サイリスタの等価回路図である。

【図 3】

発光サイリスタの電流－光出力特性を示す図である。

【図 4】

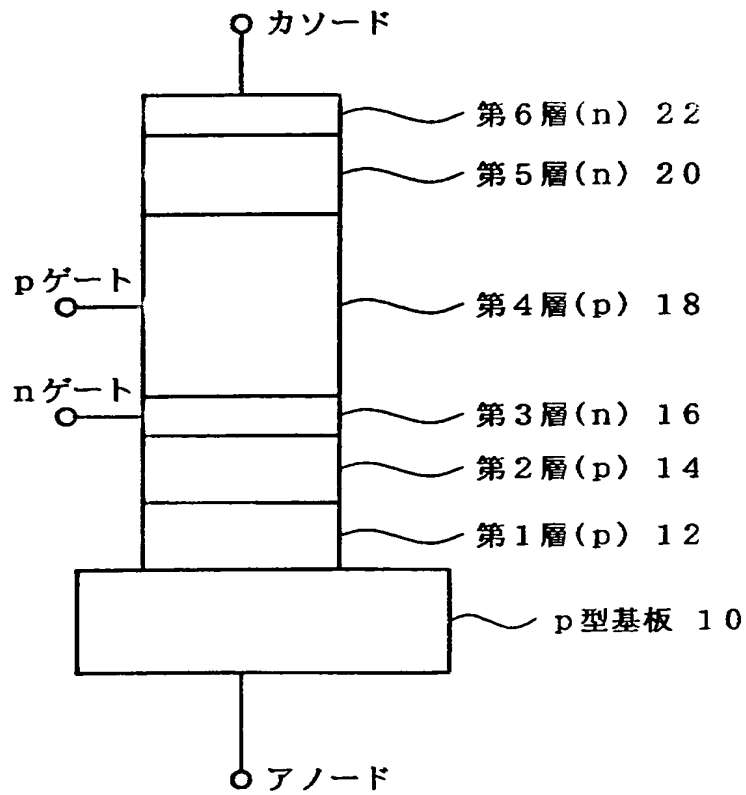
p n p n 発光サイリスタの構造の第 2 の実施例を示す図である。

【符号の説明】

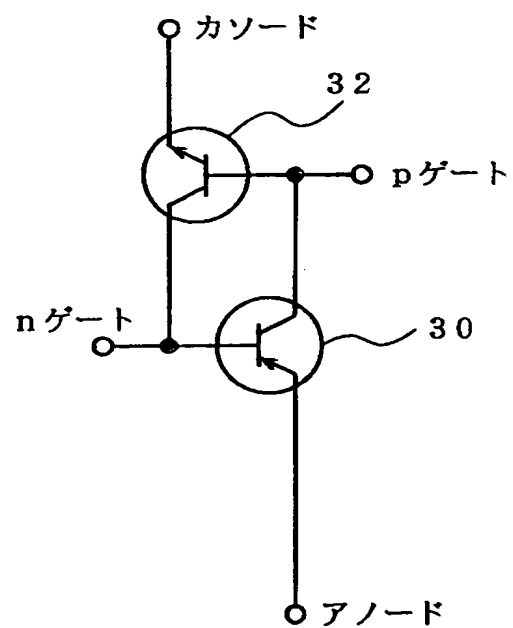
- 1 0 p 型基板
- 1 2 p 型の第 1 層
- 1 4 p 型の第 2 層
- 1 6 n 型の第 3 層
- 1 8 p 型の第 4 層
- 2 0 n 型の第 5 層
- 2 2 n 型の第 6 層
- 3 0 p n p トランジスタ
- 3 2 n p n トランジスタ
- 4 2, 4 3 第 2 層の分割層

【書類名】 図面

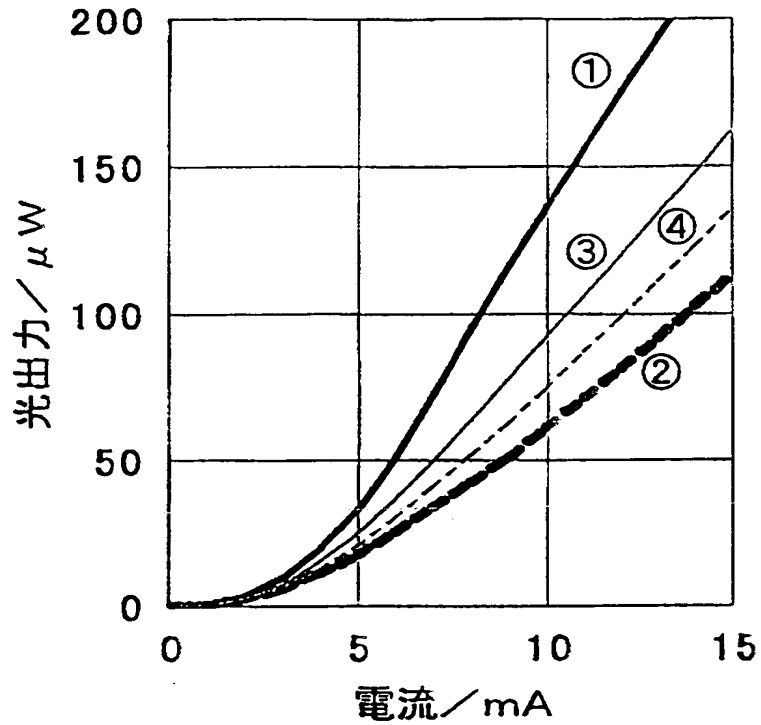
【図 1】



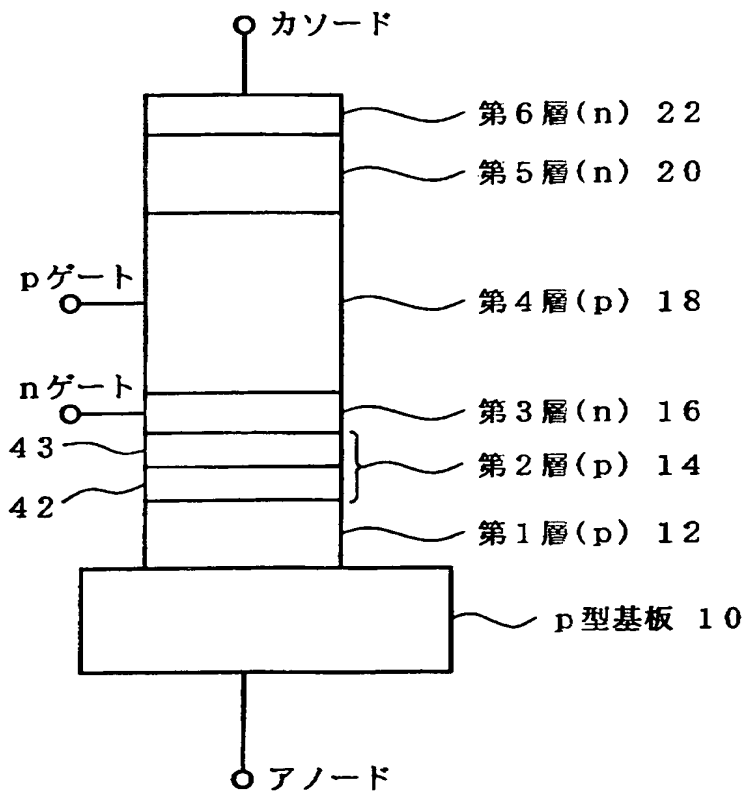
【図 2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ダブルヘテロ構造を持った p n p n 発光サイリスタにおいて、発光効率の低下を抑える。

【解決手段】 基板 10 は、GaAs よりなり、不純物は Zn であり、第 1 層 12 は、厚さ 500 nm の GaAs よりなり、不純物は Zn であり、第 2 層 14 は、厚さ 500 nm の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ よりなり、不純物は Zn であり、第 3 層 16 は、厚さ 200 nm の $\text{Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}$ よりなり、不純物は Si である。第 2 層の Zn の濃度を $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とし、第 3 層の Si の濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ よりも低くする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004008]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
氏 名 日本板硝子株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)